

用于锂电池的大电流充电电源设计

张志

(厦门大学物理与机电工程学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 在阐述了反激式电源基本原理的基础上, 设计了一种基于 LD7575 芯片的具有低压大电流输出的充电电源。该单端反激式充电电源具有恒压、恒流 2 种工作模式, 适用于单体大容量锂电池充电, 及其他需要低压大电流的场合。工作状态指示模块和保护模块, 确保电源的工作安全。实际使用结果验证该开关电源具有输入范围广, 性价比高和效率高等特点。

关键词: 充电电源; 反激式电源; 恒压恒流

中图分类号: TN86 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-4801(2012)04-069-03

随着电源技术的快速发展, 开关电源的应用越来越广泛。如何实现高性价比, 实现高效率, 成为现代开关电源的研究方向。在小功率应用场合, 价格低廉、性能好、外围元件少的 LD7575 芯片具有广泛的应用前景。本文采用 LD7575 芯片设计一种具有恒压、恒流 2 种工作模式的单端反激式开关电源, 其体积小、重量轻、效率高, 适用于单体大容量锂电池充电, 及其他需要低压大电流的场合。

1 单端反激式变换器的工作原理

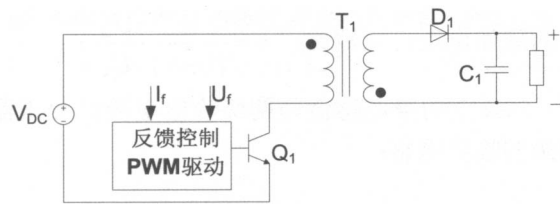


图1 单端反激式变换器电路

图1给出了单端反激式变换器的基本工作原理。在开关管 Q1 导通期间, 一次侧绕组中将有电流流过, 电源的能量将存储到变压器的一次侧绕组中; 当开关管截止时, 根据电磁感应的原理, 将导通时的储能传递到二次侧绕组。单端反激开关电源多采用了稳定性很好的电压电流反馈控制系统, 通过迅速调整 PWM 的占空比实现对输出电压和初级线圈峰值电流的有效调节, 达到稳定输出电压和电流的目的。这种反馈控制电路具有动态响应迅速, 输出稳定的特点^[1]。在开关管工作过程中, 变压器起到了储能的作用, 同时也起到了隔离的作用。

2 电路结构与工作原理

2.1 RCD 缓冲电路

由于变压器的漏感与开关管的寄生电容在开关管关断期间会产生谐振, 产生很大的尖峰电压加在开关管漏源两端, 严重影响开关管的寿命。需增加箝位电路来防止开关管击穿。箝位电路分为有源型和无源型, 其中无源型又可以分为损耗型和无损耗型。RCD 箝位电路是常用的无源损耗型箝位电路, 其结构简单、成本低廉, 应用广泛在实际工程中^[3,7]。

如图2所示, 其中 R2、C2 和 D2 构成箝位电路, 起到保护开关管 Q1 的作用。C3 为开关管的寄生电容, L_S 为变压器一次侧漏感, L_M 为磁化电感。

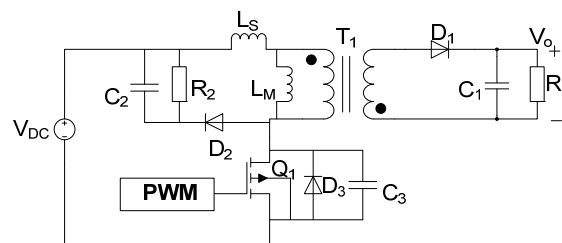


图2 箝位电路

2.2 恒流模块

当电路电压工作在设定电压以下时, 电路以恒流工作模式工作。基准参考电压由精密基准源 TL432 提供, 它相当于一只性能优良的稳压二极管。TL432 正常工作时, 基准参考电压为 1.25 V。本设计中用到了四个运算放大器, 因此选用 LM324, 节约空间与成本。LM324 内部集成了 4 个独立高增益带频率补偿的运算放大器。其中一个作为比较器控制输出电流, 基准参考电压 1.25 V 经过 R24 和 R26 分压得到一个参考电压与电流

作者简介: 张志(1989—), 男, 硕士研究生, 研究方向: 电子技术研究及嵌入式系统开发。

检测电阻 R13 上采集到的电压相比较。电流检测电阻 R13 采用的是 $10\text{ m}\Omega$ 的锰铜电阻, 锰铜电阻具有优良的电阻长期稳定性, 是制作标准电阻器、电阻元件及分流电阻的主要材料。若 R13 上的电压小于参考电压, LM324 的 14 脚输出高电平, 通过光耦, 反馈至 LD7575, 输出脉宽增加, 副边电流增大。一旦 R13 上的采样电压超过参考电压, 运放输出低电平, 光耦导通, 脉宽减小, 副边电流减小。如此反复的工作, 使得输出电流始终在设定值上。由于微小的变化便会使运放动作, 因此正常工作时, 脉宽工作在固定的占空比状态, 而不会出现占空比一直变化的现象^[2]。因此电流被恒定在设定值。

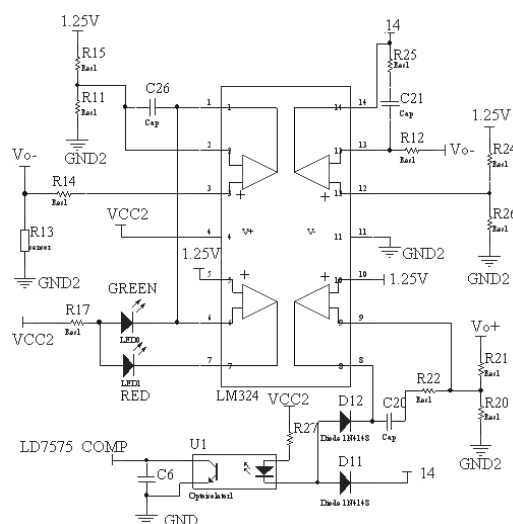


图3 反馈控制电路

2.3 稳压模块

稳压和恒流模块共用一个光耦, 将负载的电压和电流变化反馈给 LD7575 芯片。负载电压经 R21 和 R20 分压后与 TL432 提供的 1.25 V 参考电压进行比较, 当负载电压未超过电路设计电压时, LM324 的 8 脚输出高电平, 流过光耦二极管的电流不变, 流过光耦 CE 的电流不变, LD7575 芯片的 COMP 脚电位稳定, 输出驱动的占空比不变, 输出电压稳定。当输出电压由于某种原因偏高时, 经分压电阻后的分压值会大于 1.25 V 参考电压, 则 LM324 的 8 脚输出低电平, 流过光耦二极管的电流增大, 流过光耦 CE 的电流增大, LD7575 芯片的 COMP 脚电位下降, LD7575 芯片的 OUT 脚输出驱动脉冲的占空比下降, 使电压不超过设定值。

2.4 工作状态指示模块

工作状态指示模块主要由两个运放和两个 LED 灯组成。基准参考电压 1.25 V 经 R15 和 R11 分压后与电流检测电阻 R13 上的电压相比较, 当输出未接负载时, 即没有电流时, LM324 的 1 脚输出为低电平, 此时绿灯点亮。当接上负载后, 形成电流回路, 电流检测电阻 R13 上的电压大于参考电压, 使运放 LM324 的 1 脚输出为高电平, 从而使运放 LM324 的 7 脚输出为低电平, 此时绿灯熄灭, 红灯点亮。通过指示灯的亮灭, 就可以方便的获知该开关电源的工作状态。如果因某些特殊原因使芯片进入保护模式, 则指示灯会闪烁。

2.5 变压器设计

在高频变压器的设计中, 常用的设计方法主要有两种: 一种为面积乘法, 也叫 AP 法。它是先求出磁芯窗口面积与磁芯有效面积的乘积, 再根据这个值来选择相应的磁芯; 另一种设计方法为几何参数法, 也叫 K_G 法。它是先求出几何参数, 再查找相应的磁芯^[6]。本设计采用的一种快速变压器设计方法, 主要流程可以分为以下四个步骤:

1) 根据输入输出参数计算占空比和匝数比。

占空比: $\alpha = U_{AD} / (U_{in\min} + U_{AD})$, 式中 U_{AD} 为 V_{CE} 上的附加电压。匝数比: $n = \frac{\alpha}{(1-\alpha)} \cdot \frac{U_{in}}{U_o}$;

2) 确定初级电感值与初级峰值电流。变压器初级的临界电感:

$$L_{\min} = \left(\frac{U_{in} \cdot n U_o}{U_{in} + n U_o} \right)^2 \cdot \frac{T}{2P_o} \times 10^{-6}$$

式中, P_o 为变压器输出直流功率(W); L_{\min} 为临界电感(H)。由于漏感的存在, 工程中初级电感取临界电感的 1.3 倍。初级峰值电流:

$$I_1 = 2P_o / (\alpha \cdot U_{in\min});$$

3) 确定磁芯结构常数, 选定磁芯型号。变压器所需磁芯结构常数

$$Y = \left(\frac{P_m^2 \cdot \alpha^2 \cdot Z}{0.45 \cdot \Delta B_m^2 \cdot f^2 \cdot q} \right)^{0.714}$$

式中, Y 为变压器所需磁芯结构常数(cm^5), f 为工作频率(Hz), ΔB_m 为脉冲磁感应增量(T), Z 为铜耗因子, q 为单位散热表面功耗(W/cm^2)。空气隙 $L_g = 0.4\pi L_1 I_1^2 / (A_e \cdot \Delta B_m)$, 式中 L_g 为磁心中气隙长度(cm), L_1 为变压器初级电感(H), I_1 为变压

器初级峰值电流(A), A_e 为磁心有效截面积(cm^2), ΔB_m 为脉冲磁感应增量(T)。

4) 确定各个绕组匝数及线径。初级绕组匝数计算 $N_1 = 10^4 \Delta B_m L_g / (0.4 \cdot \pi \cdot I_1)$, 次级绕组匝数 $N_2 = N_1 / n$, 确定导线规格 $d_i = 1.13 \cdot \sqrt{I_i / J}$, **错误!未指定书签。** 式中 d_i 为各绕组导线直径(mm), I_i 为各绕组有效电流(A), J 为电流密度。最终设计选定的变压器磁芯为 EE22, $L_1 = 2.0 \text{ mH}$, $L_g = 0.032 \text{ cm}$, $N_1 = 251$, $N_2 = 11$, $d_1 = 0.23 \text{ mm}$, $d_2 = 1.45 \text{ mm}$ 。

2.6 保护模块

LD7575 芯片内部带有过压保护和过载保护。过压保护是指当 VCC 端的电压过高时, 从 IC 内部送出关断调整管的信号并由泻流回路对 VCC 泻流。目前多数片外 MOS 管的栅源电压 V_{gs} 的最

大耐压为 30 V。为防止 V_{gs} 过压, 当 VCC 电压高于阈值时, 输出栅驱动电路将关闭 MOS 管。LD7575 的 VCC 过压保护功能是一种自恢复类型的保护。当 VCC 电压低于低压锁定电压时, 芯片重启, 进入“打嗝”模式。在过载保护情况下, 反馈系统将迫使电压环路趋向饱和, COMP 脚电压升高。当 COMP 的电压达到阈值电压 5.0 V 并保持 30 ms 后, 输出关断 MOS 管信号, 30 ms 的延迟时间用来防止触发信号误动作^[5]。

3 结束语

该电源经使用证明, 电源设计合理, 输入电压范围广, 输出稳定, 工作可靠, 性价比高, 在单体大容量锂电池充电, 及其他需要低压大电流的场合, 具有很强的实际应用价值和广阔的前景。

参考文献:

- [1] 林晓伟.单端反激开关电源原理与设计[J].电子工程师,2007,33(5),33-35.
- [2] 季海涛,陈松立,王琳,等.基于 UC3842 的单端反激式电源设计[J].电源技术,2008(10): 65-66.
- [3] 胡江毅.反激变换器的应用研究[D].南京:南京航空航天大学,2003.
- [4] 王全保.新编电子变压器手册[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2007.
- [5] 张杰.PWM 开关电源的实用分析与设计技术[D].苏州:苏州大学,2009.
- [6] 曲学基,王增福,曲敬铠,等.新编高频开关稳压电源[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [7] Milanovic, M.; Korelic, J.; Hren, A.; Mihalic, F.; Slibar, P.; , "The RC-RCD clamp circuit for fly-back converter," [J]. Proceedings of the IEEE International Symposium on , vol.2,pp. 547- 552,2005

(上接第 68 页)

4 结语

本文通过对继电器触点接触电阻测试方法的研究, 提出了一种采用微分与比例回路测量继电器动态电阻的检测方法, 并以此为基础设计制造了继电器动态电阻检测系统, 实现了继电器, 触

点动态电阻进行定性在线检测。系统实际运行可靠, 检测准确, 获得厂家肯定, 替换了之前的自动化程度不够高的检测环节, 降低了人工成本, 极大提高了生产效率。

参考文献:

- [1] GuofuZhai,WeiweiFan,WeiyanLiang.Study on Contact Resistance Dynamic Characteristics of Space Electromagnetic Relay[J].Computational Engineering in Systems Applications.2006(10):1074-1081.
- [2] 陈鹏,陆俭国,姚芳,等.动态接触电阻测量及触点失效预测研究[J].电工电能新技术,2005(3):27-30.
- [3] 荣命哲,贾申利,王小华.电器设备状态检测[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [4] 车新生,高金龙.继电器触点电阻的动态测试[J].可靠性分析与研究,2007(12):40-42.